

基于反馈式可定位云台控制系统设计与实现

纪 钢, 司 洞 洞, 吴 萍 萍

(重庆理工大学 计算机科学与工程学院, 重庆 400054)

摘要: 在样品外观状况试验中, 原值实时监测是发现检测对象缺陷变化不可缺少的手段, 针对原值监测对样品应具备准确定位监测及信息可控的要求, 在云台中建立了偏转角度检测装置, 采集云台偏转角度脉冲信息并反馈到解码器中, 对脉冲信号通过建立偏转角度计算公式处理云台偏转角度信息, 并反馈给上位机, 从而在上位机操作台、解码器、云台三者间形成了反馈式可定位云台控制系统; 实践表明, 通过这种反馈式偏转角数据的引入, 上位机随时根据下位机反馈的云台偏转角数据实时监控云台工作状态, 实现操作台对云台的精确控制, 从而提高云台的易操作性和智能化水平。

关键词: 云台控制; 信息反馈; 解码器; 原值监测

Addressed PTZ Control System Design and Implementation Based on Feedback

Ji Gang, Si Dongdong, Wu Pingping

(Chongqing University of Technology, College of Computer Science and Engineering, Chongqing 400054, China)

Abstract: In the test of sample appearance condition, the original value of real-time monitoring is an indispensable means for detecting defects changes of object. In view of the requirements that the original value monitoring of the information should have accurate positioning monitoring and controlled information of sample, deflection angle detection device is built up for Pan-Tilt Zoom (PTZ), feedback deflection angle pulse information to the decoder, the pulse signal is processed by the establishes deflection angle calculation formula, then feedback to the host, thus work station in the upper machine (PC), decoder, together with Pan-Tilt constitute the feedback location PTZ control system. Practice shows that the introduction of this feedback deflection angle data, the upper machine (PC) can master PC instruction execution status at any time, according to the feedback data of Pan-Tilt deflection angle from the lower computer, precise control of PTZ is achieved, thus the operability and intelligent level of PTZ is raised.

Keywords: PTZ control; information feedback; decoder; original value monitoring

0 引言

材料腐蚀作为一个学科领域, 除了需要长期积累材料的环境腐蚀数据外, 还要着重解决材料外观腐蚀变化情况的实时监测问题。材料在自然环境中受不同环境因素(温度、湿度等)的影响, 表面将出现各种腐蚀特征(如裂纹、锈点等)现象, 它是材料腐蚀学科分析和评价材料环境适应性的重要信息。目前, 在我国各大环境试验站中, 大量存在着依靠以人工读取环境试验数据的方式来检测及分析环境因素对材料腐蚀影响程度等问题, 这给腐蚀数据来源的准确性带来了诸多不确定性因素, 并耗费劳力。因此本文根据 Pelco_D 云台控制协议基本原理和自然环境试验站的特殊性, 设计开发了反馈式可定位云台控制系统。

1 云台控制系统

云台是为解决普通摄像机的监控位置固定不变而设置的,

适用于对不同范围信息进行扫描监视。将摄像机安装于其上, 可以实现摄像机多个自由度运动, 完全可以满足对监控固定目标实现快速定位及对大范围环境监测^[2]的要求。由于云台运动受外部信息控制, 在相关控制信号的作用下, 云台上的摄像机可以有目的性的自动扫描监视区域及跟踪监视对象。目前在某材料环境试验站中, 大量的材料外观腐蚀样品需要在自然环境试验站中进行试验, 常常需要对材料外观腐蚀特征图像信息实现样品原值监测的功能, 即通过监测设备对样品定时、定点、定角度获取需要的材料外观腐蚀特征图像变化信息, 从而为材料腐蚀状况有效处理及分析提供准确的图像信息。在实际原值监测中, 重点是实时监测样品其腐蚀特征中的裂纹长短及宽窄。目前由常规云台所提供的恒定水平转动和垂直转动方式, 其转动的角度区域和方向是由其内部电机正反转实现的, 它是一种单向方式向云台发送控制指令, 无反馈信息, 不能够提供与云台位置相关的反馈应答信号的开环系统。目前在材料腐蚀原值监测应用中, 需要的是具有反馈摄像机位姿参数信息的闭环控制系统, 具备能准确校正摄像机位姿误差的功能, 对于该问题, 设计反馈式可定位云台控制系统其重要性就凸显出来。

1.1 云台角度对准方式

云台控制器根据信息监测的需要对云台进行调速控制, 并

收稿日期: 2014-09-23; 修回日期: 2015-03-19。

基金项目: 原国防科工委项目(H102006A004)。

作者简介: 纪 钢(1958-), 男, 河南人, 教授, 硕士生导师, 主要从事信息集成、图像处理、数据库技术方向的研究。

调节镜头设置, 最终实现对材料样品的精准定位。其采用的方式主要如下。

1) 手动对准方式: 通过手动调整云台位姿来确定目标方位, 使目标点出现在摄像机图像预览窗口正中心。该方式是在人的干预下进行的, 虽操作简单, 但具有较大的局限性, 且受人为因素影响较大, 云台角度调整准确性, 稳健性较差, 不满足自动化, 智能化要求。

2) 自动对准方式: 上位机程序实现云台偏转角度数据在计算机上的实时显示和存储。并按照原值监测的需要, 上位机可以随时发送材料样品坐标点给云台控制器, 按照定点, 定时, 自动调整云台位姿的要求使目标点出现在摄像机图像预览窗口正中心^[5]。该方式具有较强的实时性, 稳健性和一定的智能化。

云台角度对准, 涉及到云台硬件设备, 对于材料腐蚀原值监测的目的及作用, 其手动对准方式不能够满足定位精度高及操作自动化的要求。需要采用自动对准方式, 考虑到原值监测数据需要对材料样品进行准确定位和实时监测的要求, 所以对样品进行定位时, 针对云台接受指令的被动性, 需要在云台设备中增加一个可以获取位置信息的检测装置, 即在上位机与下位机之间建立一条反馈通道, 通过该反馈通道以及偏转角度计算公式形成的闭环控制系统, 上位机可以随时掌握云台偏转角度是否到位的问题。

1.2 具有反馈功能的系统组成

在对材料外观腐蚀特征图像进行原值监测中, 采用常规监测系统组成方式, 由于无反馈通道, 上位机无法确定云台位置相关信息, 无疑将对云台的准确定位产生影响, 所以就需要在云台与解码器、解码器与上位机操作台之间建立一条反馈通道, 实时获取云台位置相关信息, 最终形成反馈式可定位云台控制系统, 其系统架构组成如图 1 所示。

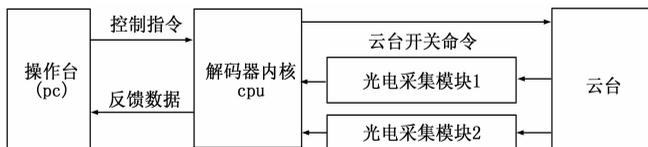


图 1 具有反馈功能的系统结构

其中, 上位机操作台 (pc) 与解码器反馈式通道采用 RS232/422 全双工通信方式, 其解码器使用 Pelco_D 或 Pelco_P 云台控制协议, 解码器与云台的反馈通道, 通过建立专用的光电采集模块, 解码器获取云台转动的脉冲信息。上位机不仅要向云台发送控制协议指令, 整体控制云台转动和镜头参数调整, 而且还要负责接收来自下位机的反馈信号, 并发送反馈信号至上位机。解码器结构如图 2 所示。

系统执行流程为:

1) 以上位机操作台 (pc) 为主系统发送控制信息, 通过上位机的串行接口与解码器相连, 经过通讯接口^[1] (RS232/422/485), 发送云台控制协议命令到解码器。

2) 通过解码器内核 CPU (AT89S52) 验证云台控制协议编码格式及协议地址码, 确认是否接收协议命令, 并进行解析, 以驱动模块驱动云台转动及摄像机执行相应的动作。

3) 为了反馈云台的偏转角度, 在云台中建立条形码分类

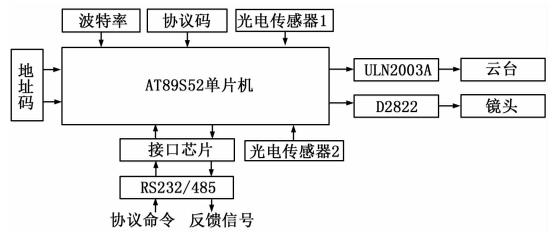


图 2 解码器结构框图

器, 通过解码器发送的信息使其云台转动下, 对条形码分类器中的脉冲信号以反馈信息方式, 通过光电采集模块在解码器内核 CPU (AT89S52) 记录下脉冲信号数目, 其中光电采集模块 1 为水平偏转角信息, 光电采集模块 2 为垂直偏转角信息;

4) 对脉冲信号通过建立偏转角度计算公式进行处理, 确定云台偏转角度信息, 从而确定云台的转动角度, 并把该信息反馈给上位机操作台 (PC)。

2 云台模块反馈功能设计

2.1 反馈功能模块设计

云台驱动模块是可定位云台控制系统执行单元, 一般由减速箱、直流电机、机械传动装置等构成, 云台位姿调整主要通过云台驱动模块实现, 其工作方式是上位机通过改变云台驱动模块内部直流电机接线端子两端电压方向, 迫使直流电机转子运动方向发生变化, 经由传动装置的能量传递, 最终驱使云台水平/垂直方向位移偏转。此时, 上位机控制程序与解码器可以实现协同工作并按照云台通信协议 (PELCO_D、PELCO_P) 数据包格式发送云台控制命令。这种方式虽效率高, 速度快, 但对于云台是否接收到控制命令, 或云台转动是否到位, 上位机操作台无法确认。针对此种常规驱动方式的局限性和现实试验环境的需要, 亟待采取反馈的方式随时获取云台偏转角度信息。在硬件系统的实际设计中, 对于云台偏转角度信息, 需要在云台中建立偏转角度检测装置^[3], 即条形码分类器及光电采集模块, 直接与解码器中单片机 I/O 口连接。通过 I/O 设备将云台偏转角度脉冲信息传送到解码器中, 解码器内核 CPU (AT89S52) 记录下脉冲信号数目, 针对脉冲信号建立相应的偏转角度计算公式进行处理, 确定云台偏转角度信息, 并反馈给上位机, 形成一条偏转角度信息通道, 从而获取材料样品的准确位置, 具体设计方案如下。

在常规云台结构方式下, 其机械机构由水平旋转、俯仰旋转及固定三部分组成, 水平旋转部分和俯仰旋转部分固定在底座上, 由固定在底座上的电机驱动, 固定部分是承载云台自身重量和云台转动的底座。根据光电传感器的特点和机械传动的原理, 为了获得与云台旋转角度相对应的输出电信号, 设计一个圆形条形码分类器及光电采集模块如图 3 所示, 将光电传感器置于齿轮组的下端, 这样当光电传感器在黑白相间等距间隔的圆环形条形码上移动时, 产生“0”、“1”脉冲信息, 其机械结构如图 4 所示。当系统检测到光电传感器输出端输出的电脉冲信号序列, 从而可统计出“0”、“1”脉冲数 n1 和 n2, 达到解决云台位置偏转角度信息。其中, 光电传感器模块作为偏转角度信息的反馈通道, 云台位置偏转量的控制由光电传感器模块内部感光单元检测其光学信号, 经过光学测控系统转换为电信号进行反馈传送。

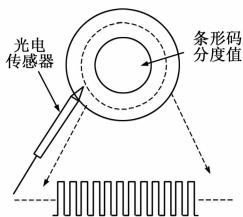


图 3 条形码分类器示意图

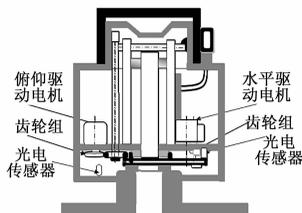


图 4 云台机械机构

2.2 比较型光电传感模块设计

光电传感模块被用作位移偏转量计算单元的一部分，当云台内传动齿轮转动时，用来采集齿轮侧面条形码反射的光学信号，然后借助于光电元件将光信号的变化转换成电信号的变化，经过检测电路，传送到解码器单片机中，单片机根据角度偏转量计算出偏转角度数据，并反馈给上位机操作平台中的计算机。光电传感器是以光电器件作为检测元件的传感器，它首先把被测量物的变化转换成光信号的变化，然后借助于光电元件将光信号强度变化转化为电信号的变化。如图 5 所示为光电传感器的组成方式，用红外发光二极管和红外接收二极管组成的光电管，扫描黑白相间的条形码，当光电管检测到黑色色块时，反射光很弱，接收端呈现截止状态；当检测到白色色块时，反射光强，接收端呈现另一种导通状态，这两种状态表述为“0”和“1”，并反馈给解码器。

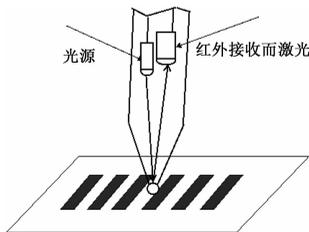


图 5 光电传感器的组成

其中，光电传感器中信号转换采用如图 6 所示电路图设计。在图中红外接收二极管接收来自红外发射二极管 (LED) 的光强，转化为电流，在 R 上形成电压信号，将其与 RA1 的阈值进行比较，实现从 LM339 输出逻辑电平给单片机。

2.3 接口电路通信方式构建

上位机操作台 (PC) 与解码器之间的通讯，一方面是操作台 (PC) 向解码器发送控制命令，另一方面是解码器反馈位置信息给操作台 (PC)。要完成操作台 (PC) 与解码器之间通信方式的构建，需要通过计算机硬件系统配置的串行接口和解码器中单片机 I/O 口进行连接，实现全双工工作方式。考虑到计算机硬件系统配置的 RS232 标准的串行接口电平与解码

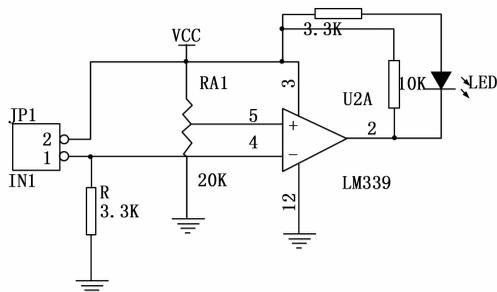


图 6 比较型传感器电路图

器中单片机 I/O 口采用的 TTL 电平不匹配问题，将使用 RS232/RS422 转换模块，协调和控制 RS232 总线和单片机之间的通信连接，实现计算机 RS232 总线和 RS422 总线之间的通信数据传输^[1]。图 7 所示为全双工工作方式下的硬件电路连接图。

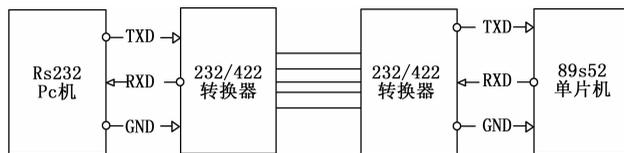


图 7 全双工工作方式电路连接图

3 云台定位角度及信息处理

3.1 云台定位角度处理

云台控制系统^[2]内部分别有控制水平方向和垂直方向转动的直流电机，当该系统接受到上位机的控制指令时，两台电机分别驱动云台从 0 位置开始水平转动 η 度，垂直转动 ζ 度，使云台自动对准目标点。同时记录云台的当前控制点水平转角和垂直转角 ($\eta + \sigma 1, \zeta + \sigma 2$)。当系统要求再次移动控制点坐标值为 (x, y) 时，则水平转角和垂直转角的运算关系为：

$$\alpha = x - \eta, \beta = y - \zeta$$

当 $\alpha > 0$ 时，说明 $x > \eta$ ，控制云台向右转动；反之，控制云台向左转动。

当 $\beta > 0$ 时，说明 $y > \zeta$ ，控制云台向上转动；反之，控制云台向左转动。

在解码器中，其转动角度为：

$$u(x) = \alpha + \frac{1}{k} \sum_{n=0}^k (e(n) - e(n-1))$$

$$u(y) = \beta + \frac{1}{k} \sum_{n=0}^k (e(n) - e(n-1))$$

其中： $u(x) / u(y)$ 分别为 x/y 方向上云台的转动量， $e(n)$ 为云台水平 (垂直) 方向上实际偏转角度值， $e(n-1)$ 为水平 (垂直) 方向的偏转期望值。 $e(n)$ 和 $e(n-1)$ 的引入可以减小累积误差，提高系统的控制精度。其中，转动角度计算方法处理为：

当光电传感器在黑白相间等间隔的圆环形条形码上移动时，通过光电传感器把检测到的电脉冲信号序列传输到解码器 AT89S52 单片机中，经 AT89S52 接收端中断处理，统计出“0”、“1”脉冲数 n_1 和 n_2 ，并计算出偏转角度。其偏转角度计算公式为：

$$\theta = 2\pi \times f' + K\theta \quad (1)$$

$$f' = \frac{(n_1 + n_2)}{N} \quad (2)$$

其中: θ 为云台摄像机镜头的偏移角度, f' 为单位时间内光电管扫描齿轮的圈数。

假设齿轮上一共有 N 个条形码刻度值, 那么光电管扫过一次就会产生 $n_1 + n_2$ 个电脉冲信号, 将 $f' = \frac{(n_1 + n_2)}{N}$, 带入 (1) 中得偏移角度 $\theta = \frac{2\pi(n_1 + n_2)}{N} + K\theta$ 。其中, K 是为

避免云台反复运动而设定的影响因子, 这是基于直流减速电机在运动的过程中由于惯性会产生一定的偏差, 设定 K 值, 将偏差值设定在一定的区间, 可以消除云台来回运动振荡的缺点, 提高云台的执行效率。

3.2 信息处理

系统在基于事件和时间触发混合式系统架构设计方式下, 以上位机程序为控制中心, 在对以 AT89S52 单片机为控制内核的信息处理过程中, 接收上位机操作台发送的控制指令, 控制云台电机转动和调节摄像机镜头参数, 同时负责接收光电传感器采集的电脉冲信号, 根据偏转角度计算公式计算出偏转角, 并按照从机数据指令格式将其反馈给上位机操作台。在本系统中, 上位机的控制信号传递是通过计算机串口 (COM1), 经过通信协议数据序列电平转换, 在特定的通信线路上完成的。上位机操作台 (PC) 与解码器中单片机进行通信, 首先要对计算机串行口进行初始化操作, 确定其工作方式, 设定波特率、数据位、奇偶校验位等, 然后进行数据交换及控制信号传输, 其中信息包括控制信息和反馈信息。

1) 控制信息:

根据云台控制系统的组成, 串口通信协议私有数据格式组成如表 1 所示^[3]。

表 1 串口通信协议格式

云台和镜头控制命令						
字节 0	1	2	3	4	5	6
同步	云台地址	指令码 1	指令码 2	数据码 1	数据码 2	校验码

其信息格式为 1 位起始位、8 位数据、1 位停止位, 无校验位。

数据码 1 控制水平方向速度 00-3FH; 据码 2 控制垂直方向速度 00-3FH; 校验码 = MOD [(字节 2 + 字节 3 + 字节 4 + 字节 5 + 字节 6) / 100 H], 其中, 字节 2 和字节 3 的指令码格式含义如表 2 所示。

表 2 字节 2 和字节 3 对应的指令格式

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
指令码 1	0	0	0	Auto Scan	0	Iris Clo	Iris OpeN	FocuNear
指令码 2	FF	ZW	ZT	Down	Up	Left	Right	0

(1) 指令码 1: BIT7, BIT6, BIT5, BIT3 位始终为 0; BIT4 为自动扫描功能控制位 (1/0: 打开/关闭该功能); BIT2 光圈缩小 (1 有效); BIT1 光圈扩大 (1 有效); BIT0 近距离聚焦 (1 有效);

(2) 指令码 2: BIT7 远距离聚焦 (1 有效); BIT6 和 BIT5

控制摄像机的变倍, BIT6 远离物体 (1 有效), BIT5 接近物体 (1 有效); BIT4、BIT3、BIT2、BIT1 分别控制下、上、左、右移动 (1 有效); BIT0 始终为 0。

2) 反馈信息:

下位机反馈信号反映的是下位机运行状态, 下位机反馈信号指令格式组成如表 3 所示。

表 3 反馈信号格式

字节 0	1	2	3	4	5	6
起始字节	云台地址	D1	D2	D3	D4	校验码

起始字节始终是 0XA0; 字节 1 为被控云台地址; D1-D4 为数据字节用来表示水平转角和垂直转角数据, 字节 6 为校验码。

4 结束语

反馈式可定位云台控制系统, 利用比较型光电传感器电路和单片机系统共同构成的云台偏转角度计算单元, 在信息处理上, 在经典的通信协议的基础上, 提供了控制指令通信协议数据融合及编码的新方案。这样不仅可以掌握上位机指令执行情况, 而且还可以根据下位机反馈的云台偏转角数据随时调控云台工作状态。通过这种反馈式偏转角数据的引入, 不仅提高了云台和计算机 (操作台) 之间信息传输的可靠性, 而且还提高了云台的易操作性和智能化水平, 即使在无人看守的情况下, 云台也可根据预先设定的云台偏转角度数据, 在规定的时点, 自动调控云台位姿。

参考文献:

- [1] 李现勇. Visual C++ 串口通信技术与工程实践 [M] (第二版). 北京: 人民邮电出版社, 2004.
- [2] 余宝意, 裴海龙. 无人直升机云台控制系统的设计和实现 [J]. 计算机应用, 2007, 26 (11): 72-74.
- [3] 吴力普, 吴涛, 张月魁. 一种带反馈应答功能的云台镜头控制器的设计 [J]. 安防系统设计, 2011, 3: 18-20.
- [4] 钱华明, 刘英明, 张振旅. 基于 S3C2410 嵌入式无线视频监控系统的的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (6): 1132-1134.
- [5] 陈戎冬, 田跃, 李杰, 等. 基于磁角度传感器云台控制系统的设计和研制 [J]. 设计与制造, 2007, 26 (11): 72-74.
- [6] 吴岸平, 侯中喜, 王鹏, 等. 基于神经网络逆模型辨识的舵机云台控制 [J]. 华中科技大学学报, 2013, 41: 13-16.
- [7] 杨亮周, 勇刘欲浏. 基于 PTZ 摄像机的运动目标跟踪控制 [J]. 兵工自动化. 2014, 34 (3): 65-68.
- [8] Huang G P, Tian Y, Wang Y Q. et al. Self-recalibration of PTZ Cameras [J]. International Conference on Machine Vision and Human-machine Interface. 2010, 156: 292-295.
- [9] Daniel D D, Alan L J, Jonathan T B. Optical Flow Background Subtraction for Real-time PTZ Camera Object Tracking [J]. Instrumentation and Measurement Technology Conference. 2013, 655538: 866-871.
- [10] Al-Hadrusi, Musab S, Sarhan, Nabil J. Efficient control of PTZ Cameras in Automated Video Surveillance Systems [J]. IEEE International Symposium on Multimedia. 2012, 72: 356-359